

Was ist Quantum Computing ?

Klaus Ensslin

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Waren Sie schon gleichzeitig an zwei Orten,
zum Beispiel in Zurich und Winterthur?



Winterthur Technopark



Klaus Ensslin, 4.4.2023

Klassischer Computer

Information ist in Einheiten von bits gespeichert:
(0) und (1)

Vergleich **Dezimal-System** – **Binärsystem:**

0 – **0**

1 – **1**

$$\mathbf{2} = 2 \cdot 10^0 - \mathbf{1} \cdot 2^1 + \mathbf{0} \cdot 2^0$$

$$\mathbf{3} = 3 \cdot 10^0 - \mathbf{1} \cdot 2^1 + \mathbf{1} \cdot 2^0$$

Quanten-Computer

Information ist in Einheiten von qubits gespeichert:

gleichzeitig (0) und (1) Klaus Ensslin, 4.4.2023

Klassischer Computer

Bits:

Entweder (0) oder (1)

Seriell: addiert eine Nummer nach der anderen

Inkohärent, keine Interferenz (Billard-Kugeln)

Quanten-Computer

Qubits:

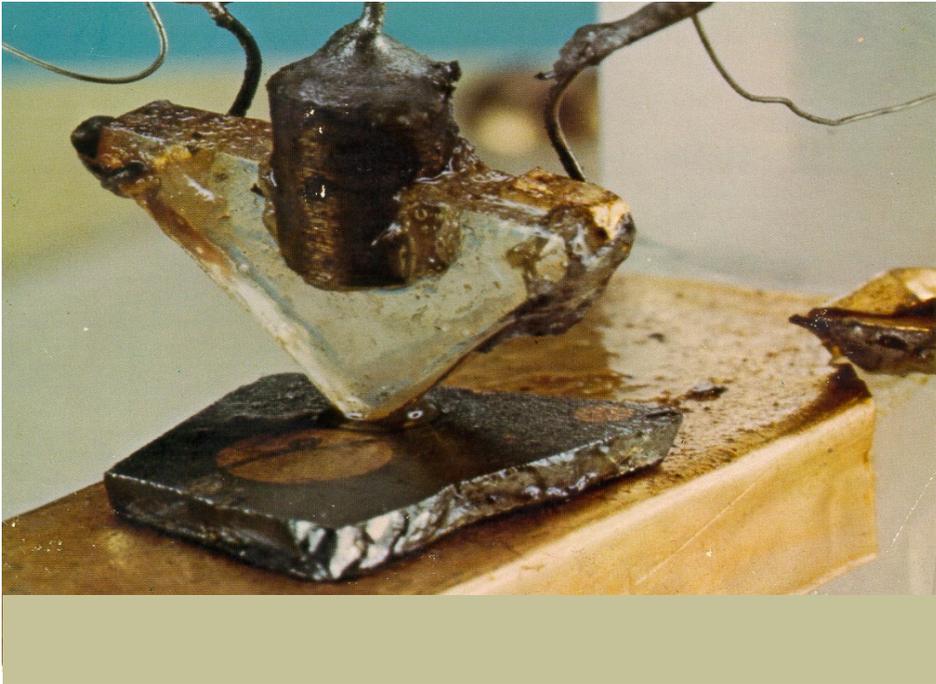
Sowohl (0) als auch (1)

Parallel: verarbeitet Daten gleichzeitig

Kohärent, Überlagerung (Wasserwellen)

Schalten im Computer

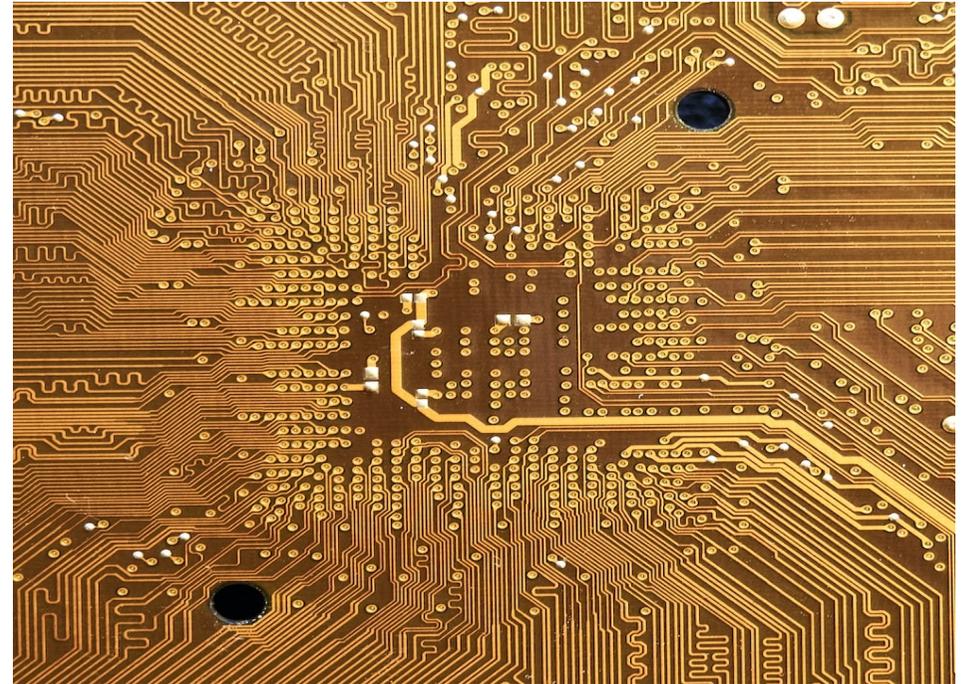
1. Transistor



1948

Winterthur Technopark

typischer Computer Chip



ca. 2023

Klaus Ensslin, 4.4.2023

ETH zürich

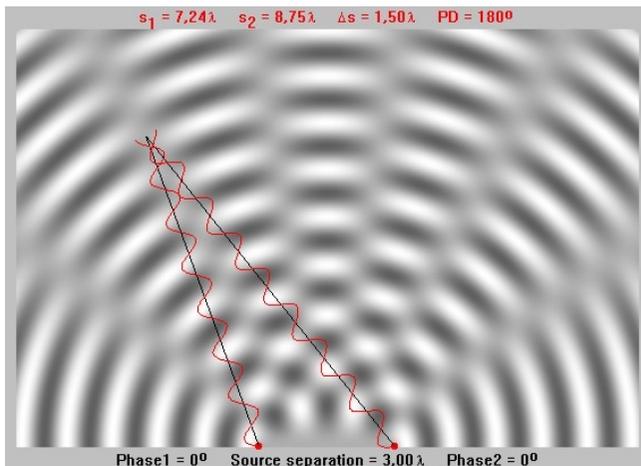
$$i\hbar \frac{\partial \Psi(x, t)}{\partial t} = \hat{H} \Psi(x, t)$$

Schrödinger Gleichung, 1926
-> Quanten-Technologie

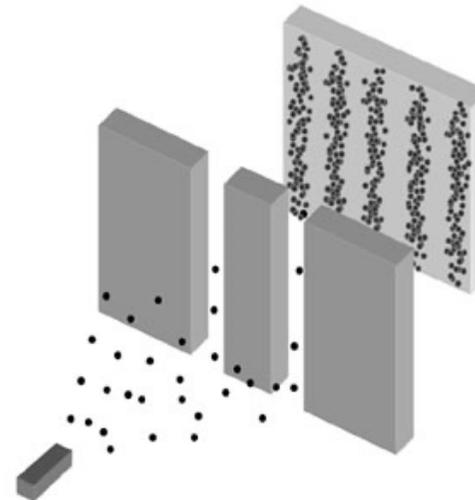
made in Switzerland

Quanten-Technologie

Beispiel: Interferenz von Materie-Wellen



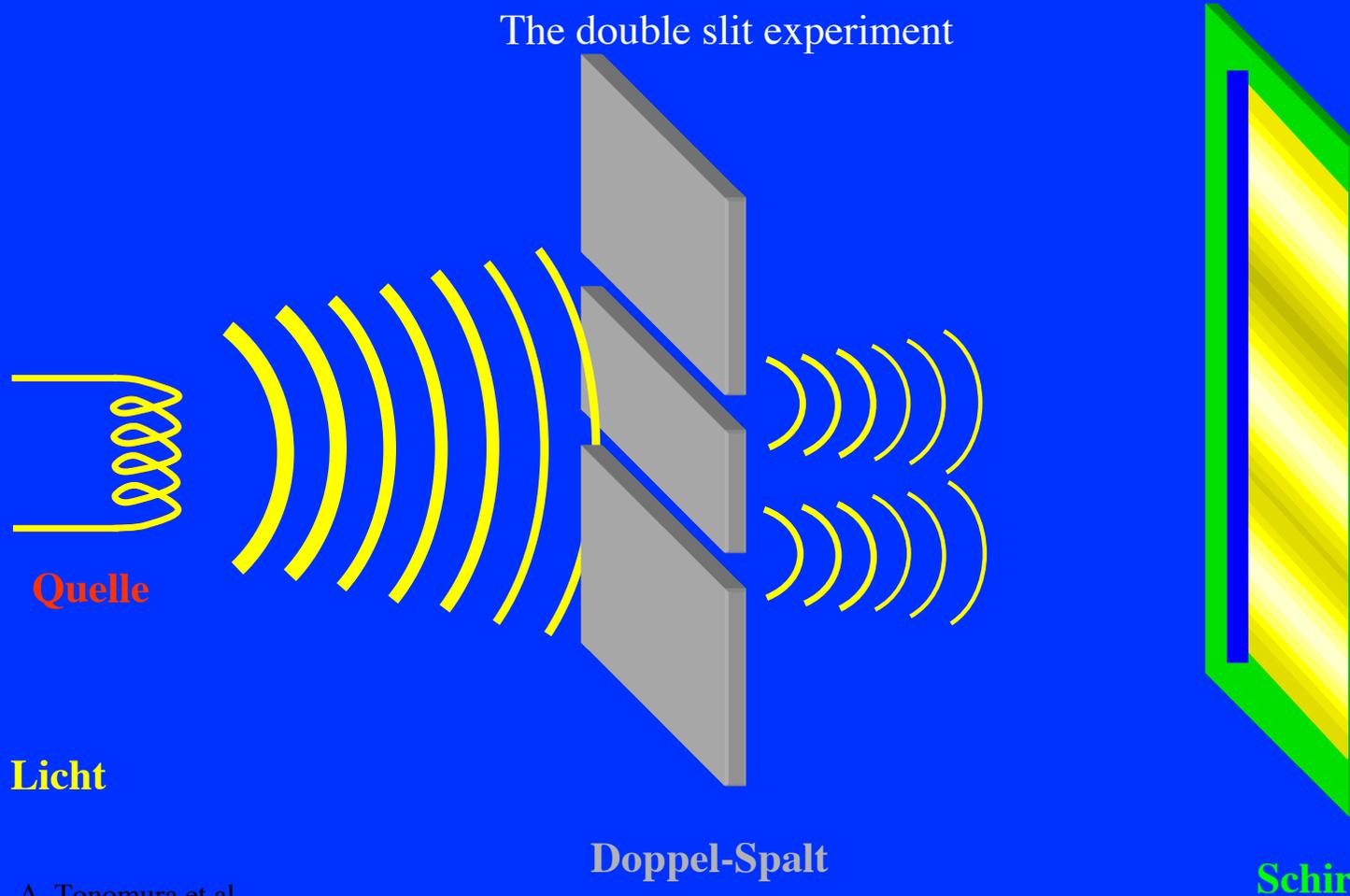
Zwei Steine werden ins Wasser
geworfen:
Interferenz von Wasserwellen



Teilchen durch
einen Doppelspalt

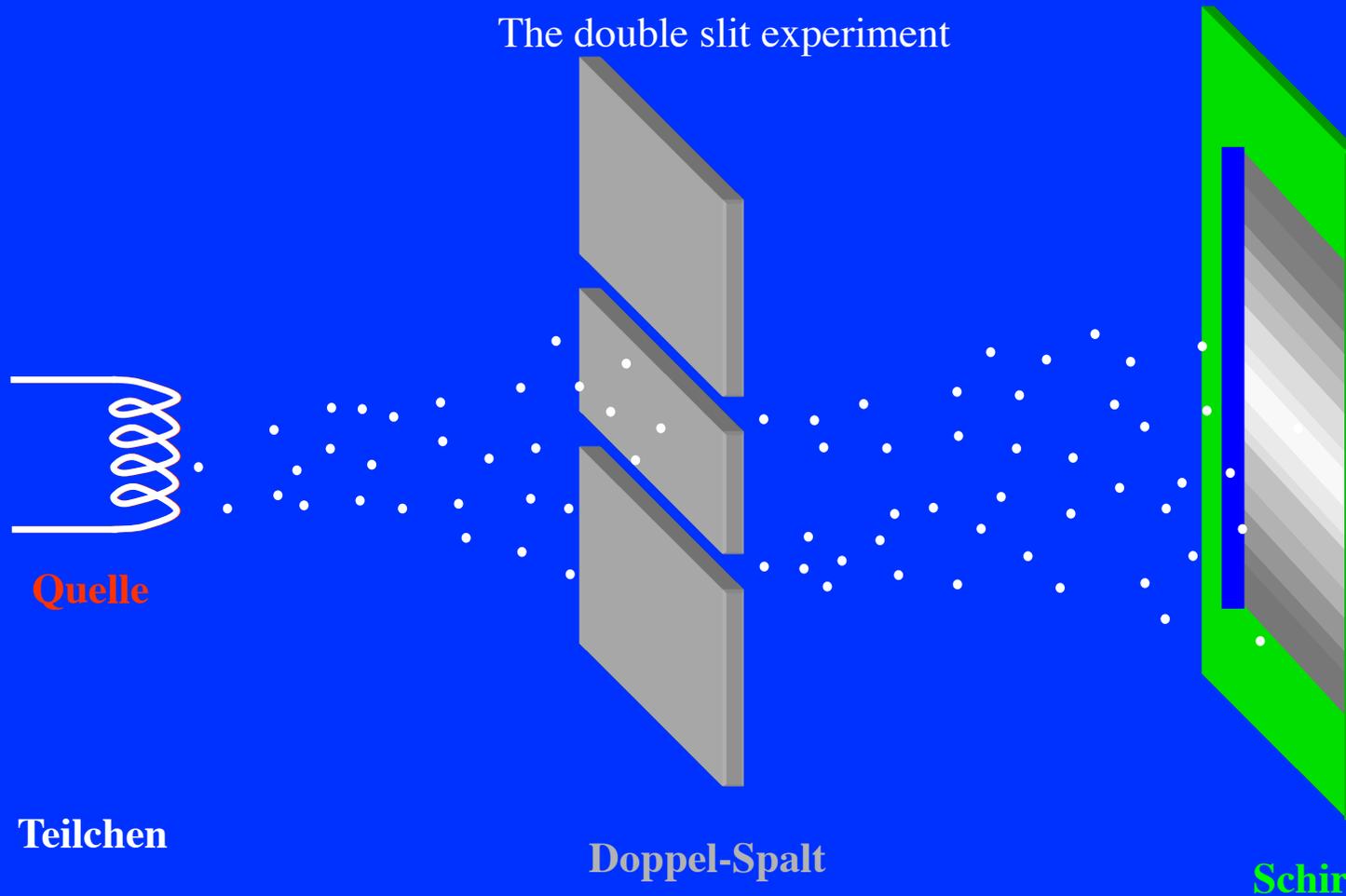
Waves

The double slit experiment



Waves

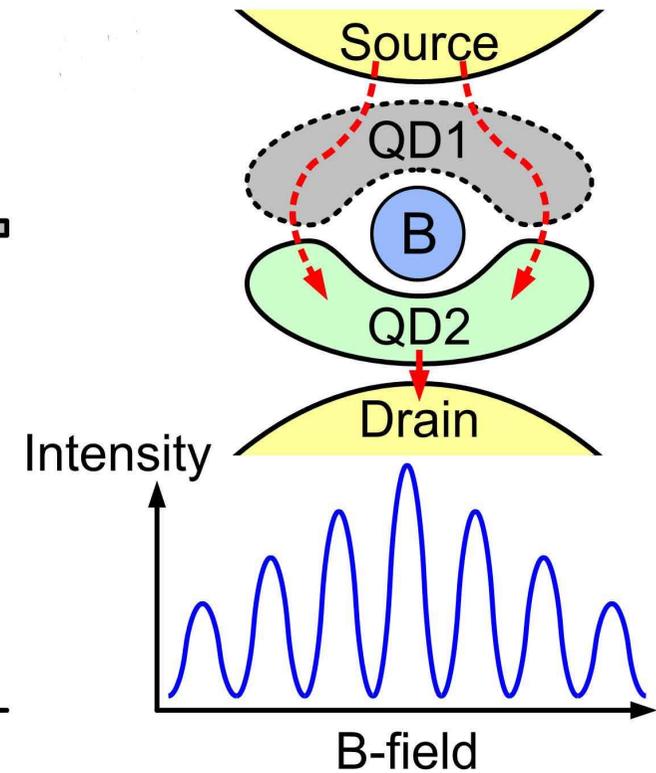
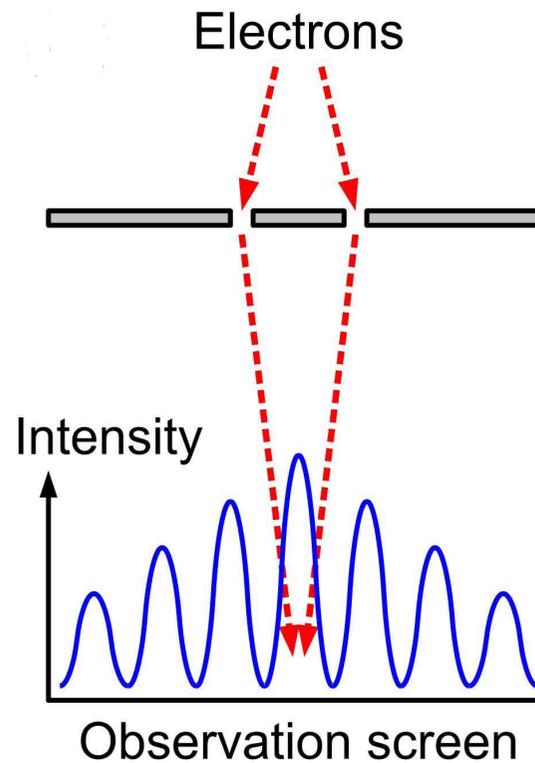
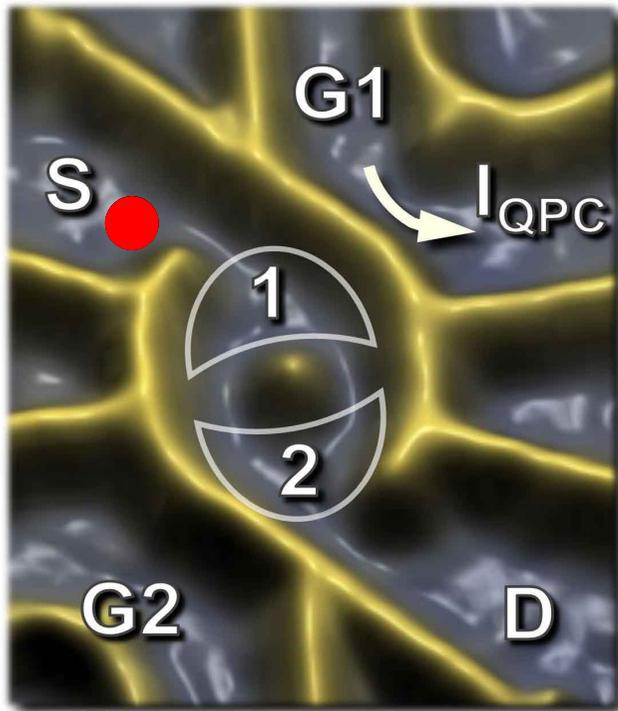
The double slit experiment





Jedes Teilchen ist durch
beide Spalte
GLEICHZEITIG
gelaufen

Interference on a semiconductor chip

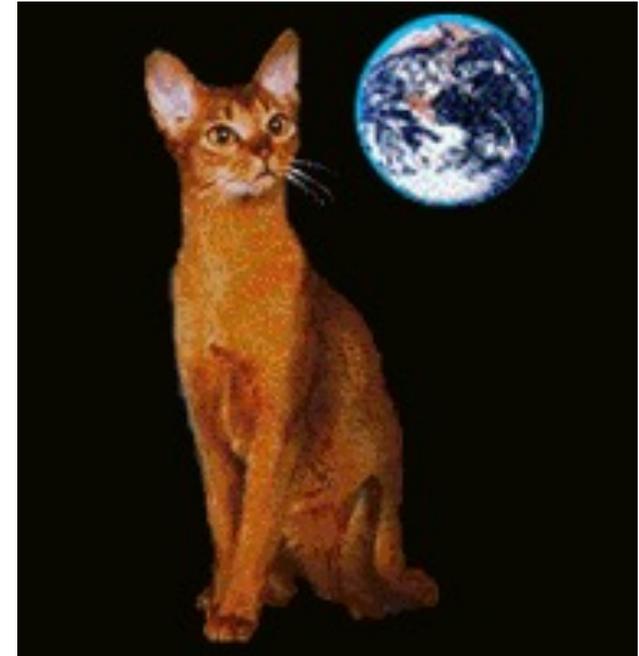


Quanten-Computer

Ein quantenmechanischer Zustand
ist in (0) und (1)
- bis er gemessen wird

Beispiel: Schrödingers Katze

Katze mit Sprengstoff in einem
Koffer, gezündet wird durch einen
radioaktiven Zerfall



Quanten-Computer

Wozu soll das gut sein?

Primfaktor-Zerlegung

$$15 = 5 \times 3$$

$$51 = 17 \times 3$$

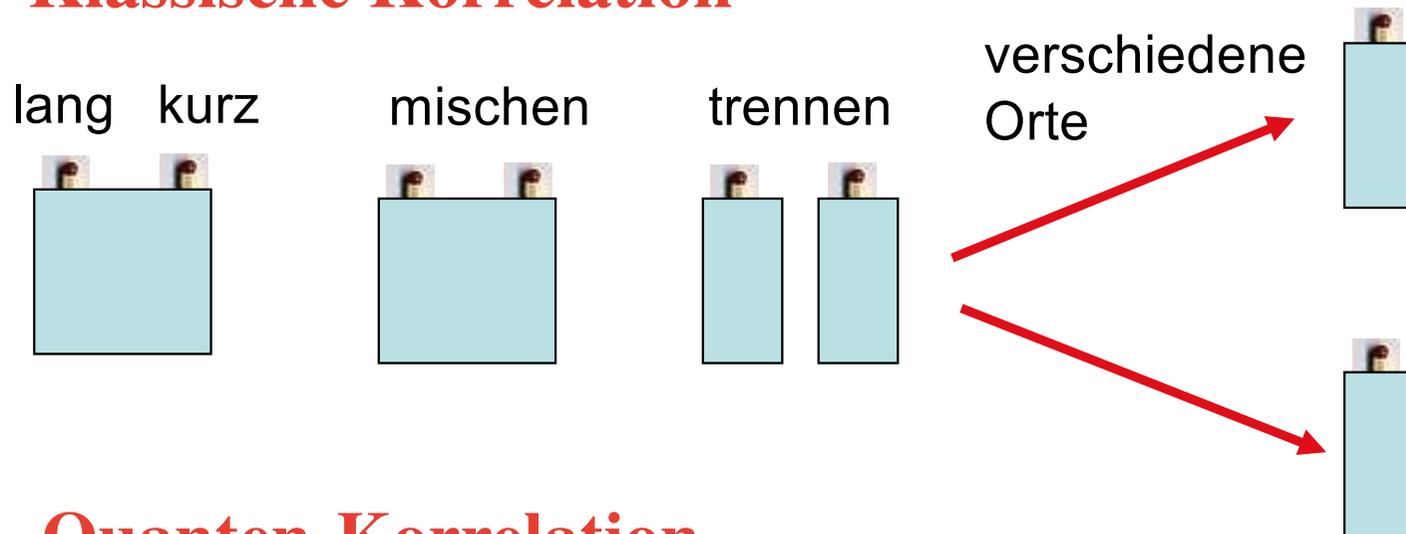
$$1053 = ??????????$$

Primfaktor-Zerlegung wird seriell gelöst,
eine-Zahl-nach-der-anderen

Schwierig für einen herkömmlichen Computer !!!!!

Einfach für einen Quanten-Computer, parallel !!

Klassische Korrelation



Quanten-Korrelation

Ist wesentlich stärker und kann gemessen werden

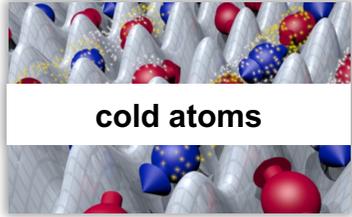
Anwendung: Quanten-Kryptographie, Daten-Verschlüsselung

Zukunft der Quanten-Technologie

Quantum Computing	bisher unlösbare Probleme lösen, Beispiel Düngerherstellung
Quantum Sensing	Ultra-empfindliche Sensoren, Beispiel Navigation in Räumen
Quantum Cryptography	Sichere Datenübertragung (mathematisch bewiesen)
Quantum Simulation	Simuliere ein Quantensysteme mit einem anderen kontrollierten Quantensystem

Quantenforschung der ETH Zürich

Esslinger



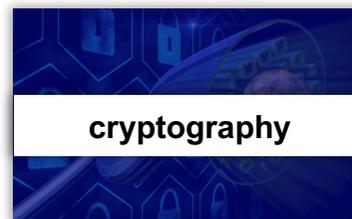
cold atoms

Home



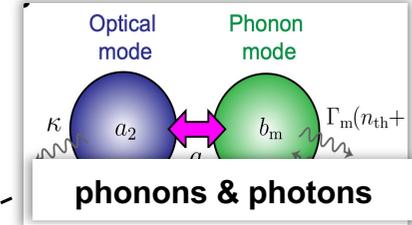
ion traps

Renner



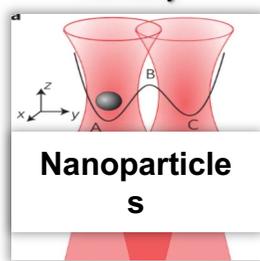
cryptography

Chu and Wood



phonons & photons

Novotny

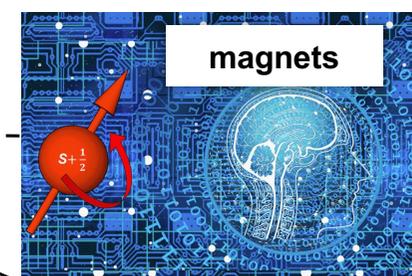


Nanoparticle S

- Über 40 Forschungsgruppen
- ca. 200 Studierende
Doktorierende
- MSc «Quantum Engineering»

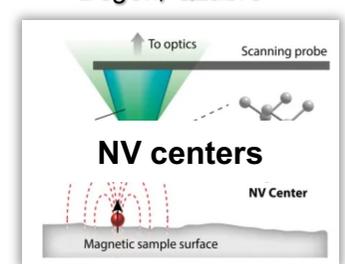


Gambardella



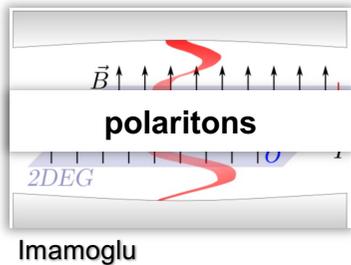
magnets

Degen, Qzabre



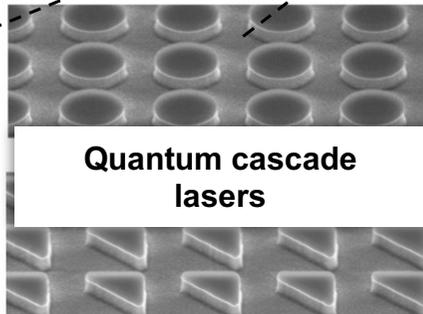
NV centers

Imamoglu



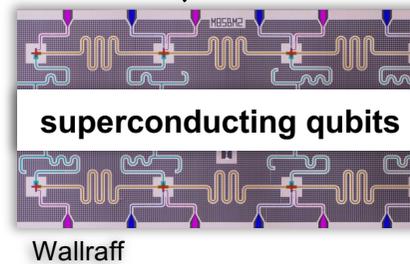
polaritons

Faist



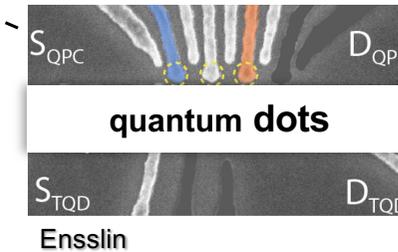
Quantum cascade lasers

Wallraff



superconducting qubits

Ensslin



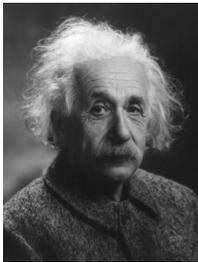
quantum dots

Aussagen über Quantenmechanik



Erwin Schrödinger:

“Ich mag es nicht, und es ist mir unangenehm, dass ich jemals etwas damit zu tun hatte.”



Albert Einstein:

“Wunderbar, welche Ideen die jungen Leute heutzutage haben. Aber ich glaube kein Wort davon.”



Richard Feynman:

“Ich denke, dass man mit Sicherheit sagen kann, dass niemand die Quantenmechanik versteht.”

Viel Spass mit der Physik



Winterthur Technopark

„Das Erstaunlichste an der Welt ist, dass man sie verstehen kann.“

Klaus Ensslin, 4.4.2023

ETH zürich